



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 18 610.7

Anmeldetag: 24. April 2003

Anmelder/Inhaber: elbion AG,
01445 Radebeul/DE

Bezeichnung: 7-Azaindole und deren Verwendung als Therapeutika

IPC: C 07 D, A 61 K, A 61 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Remus

WEICKMANN & WEICKMANN

Patentanwälte
European Patent Attorneys · European Trademark Attorneys

29.01.04



DIPL.-ING.	H. WEICKMANN (bis 31.1.01)
DIPL.-ING.	F. A. WEICKMANN
DIPL.-CHEM.	B. HUBER
DR.-ING.	H. LISKA
DIPL.-PHYS. DR.	J. PRECHTEL
DIPL.-CHEM. DR.	B. BÖHM
DIPL.-CHEM. DR.	W. WEISS
DIPL.-PHYS. DR.	J. TIESMEYER
DIPL.-PHYS. DR.	M. HERZOG
DIPL.-PHYS.	B. RUTTENSBERGER
DIPL.-PHYS. DR.-ING.	V. JORDAN
DIPL.-CHEM. DR.	M. DEY
DIPL.-FORSTW. DR.	J. LACHNIT

Unser Zeichen:

30370P DE/WWpu

Anmelder:

elbion AG

Meißner Straße 191

01445 Radebeul

7-Azaindole und deren Verwendung als Therapeutika

7-Azaindole und deren Verwendung als Therapeutika

Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft substituierte 7-Azaindole, Verfahren zu deren Herstellung, pharmazeutische Zubereitungen, die diese Verbindungen enthalten sowie die pharmazeutische Verwendung dieser Verbindungen, die Inhibitoren der Phosphodiesterase 4 sind, als Wirkstoffe zur
10 Behandlung von Erkrankungen, die mit einer Hemmung der Phosphodiesterase 4-Aktivität insbesondere in immunkompetenten Zellen (z.B. Makrophagen und Lymphozyten) durch die erfindungsgemäßen Verbindungen zu beeinflussen sind.

- 15 Die Aktivierung von Rezeptoren der Zellmembran durch Transmitter führt zur Aktivierung des "second messenger"-Systems. Die Adenylatcyclase synthetisiert aus AMP und GMP das wirksame cyclische AMP (cAMP) bzw. cyclische GMP (cGMP). Diese führen z.B. in glatten Muskelzellen zur Erschlaffung bzw. in Entzündungszellen zur Hemmung der
20 Mediatorfreisetzung bzw. -synthese. Der Abbau der "second messenger" cAMP und cGMP erfolgt durch die Phosphodiesterasen (PDE). Bisher sind 11 Familien von PDE-Enzymen (PDE1-11) bekannt, die sich durch ihre Substratspezifität (cAMP, cGMP oder beides) und die Abhängigkeit von anderen Substraten (z.B. Calmodulin) unterscheiden. Diese
25 Isoenzyme besitzen unterschiedliche Funktionen im Körper und sind in den einzelnen Zellarten unterschiedlich ausgeprägt (Beavo, J.A., Conti, M. and Heasley, R.J., Multiple cyclic nucleotide phosphodiesterases. Mol. Pharmacol. 1994, 46:399-405; Hall, I.P., Isoenzyme selective phosphodiesterase inhibitors: potential clinical uses, Br. J. clin.
30 Pharmacol. 1993, 35:1-7). Durch Hemmung der verschiedenen PDE-Isoenzymentypen kommt es zu einer Kumulation von cAMP bzw. cGMP in den Zellen, was therapeutisch genutzt werden kann (Torphy, T.J., Livi, G.P., Christensen, S.B. Novel Phosphodiesterase Inhibitors for the

Therapy of Asthma, Drug News and Perspectives 1993, 6:203-214).

In den für allergische Entzündungen wichtigen Zellen (Lymphozyten, Mastzellen, eosinophile Granulozyten, Makrophagen) ist das vorherrschende PDE-Isoenzym der Typ 4 (Torphy, J. T. and Undem, B. J., Phosphodiesterase inhibitors: new opportunities for the treatment of asthma. Thorax 1991, 46:512-523). Die Hemmung der PDE 4 durch geeignete Inhibitoren wird daher als wichtiger Ansatz zur Therapie einer Vielzahl allergisch induzierter Erkrankungen betrachtet (Schudt, Ch., Dent, G., Rabe, K., Phosphodiesterase Inhibitors, Academic Press London 1996).

Eine wichtige Eigenschaft von Phosphodiesterase 4 Inhibitoren ist die Hemmung der Freisetzung von Tumornekrosefaktor α (TNF α) aus Entzündungszellen. TNF α ist ein bedeutendes pro-inflammatorisches Cytokin, das eine Vielzahl biologischer Prozesse beeinflusst. Freigesetzt wird TNF α zum Beispiel aus aktivierten Macrophagen, aktivierten T-Lymphozyten, Mastzellen, Basophilen, Fibroblasten, Endothelzellen und Astrozyten im Gehirn. Es wirkt selbst aktivierend auf Neutrophile, Eosinophile, Fibroblasten und Endothelzellen, wodurch verschiedene gewebezerstörende Mediatoren freigesetzt werden. In Monozyten, Macrophagen und T-Lymphozyten bewirkt TNF α die vermehrte Produktion von weiteren proinflammatorischen Cytokinen, wie GM-CSF (Granulocyte-macrophage colony-stimulating factor) oder Interleukin-8. Auf Grund seiner entzündungsfördernden und katabolischen Wirkung spielt TNF α bei einer Vielzahl von Erkrankungen, wie Entzündungen der Atemwege, Entzündungen der Gelenke, endotoxischer Schock, Gewebsabstoßungen, AIDS und zahlreichen anderen immunologischen Erkrankungen, eine zentrale Rolle. Für die Therapie solcher mit TNF α verbundener Erkrankungen sind Inhibitoren der Phosphodiesterase 4 somit ebenfalls geeignet.

Chronisch obstruktive Lungenerkrankungen (chronic obstructive

pulmonary diseases, COPD) sind in der Bevölkerung weit verbreitet und haben auch eine große ökonomische Bedeutung. So verursachen COPD-Erkrankungen ca. 10-15 % aller Krankheitskosten in den entwickelten Ländern und ca. 25 % aller Todesfälle in den USA sind auf diese Ursache zurückzuführen (Norman, P.: COPD: New developments and therapeutic opportunities, Drug News Perspect. 11 (7), 431-437, 1998). Die WHO schätzt ein, dass COPD innerhalb der nächsten 20 Jahre die dritthäufigste Todesursache sein wird.

10 Unter dem Krankheitsbild der chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen (COPD) werden verschiedene Krankheitsbilder von chronischen Bronchitiden mit den Symptomen Husten und Auswurf sowie fortschreitender und irreversibler Verschlechterung der Lungenfunktion (besonders betroffen ist die Expiration) zusammengefasst. Der
15 Krankheitsverlauf ist schubförmig und oft durch bakterielle Infektionen kompliziert (Rennard, S. I.: COPD: Overview of definitions, Epidemiology, and factors influencing its development. Chest, 113 (4) Suppl., 235S-241S, 1998). Im Verlauf der Erkrankung nimmt die Lungenfunktion stetig ab, die Lunge wird zunehmend emphysematös und die Atemnot der
20 Patienten wird offensichtlich. Diese Erkrankung beeinträchtigt deutlich die Lebensqualität der Patienten (Kurzatmigkeit, geringe Belastbarkeit) und verkürzt signifikant deren Lebenserwartung. Der Hauptrisikofaktor neben Umweltfaktoren ist das Rauchen (Kummer, F.: Asthma und COPD. Atemw.-Lungenkrkh. 20 (5), 299-302, 1994; Rennard, S. I.: COPD:
25 Overview of definitions, Epidemiology, and factors influencing its development. Chest, 113 (4) Suppl., 235S-241S, 1998) und daher sind Männer deutlich häufiger betroffen als Frauen. Durch die Veränderung der Lebensgewohnheiten und den Anstieg der Anzahl der Raucherinnen wird sich dieses Bild jedoch in Zukunft verschieben.

30

Die gegenwärtige Therapie zielt nur auf die Linderung der Symptome, ohne ursächlich in die Progression der Erkrankung einzugreifen. Der Einsatz von langwirkenden Beta2-Agonisten (z.B. Salmeterol) eventuell in

Kombination mit muscarinergen Antagonisten (z.B. Ipratropium) verbessert die Lungenfunktion durch Bronchodilatation und wird routinemäßig eingesetzt (Norman, P.: COPD: New developments and therapeutic opportunities, Drug News Perspect. 11 (7), 431-437, 1998).

5 Eine große Rolle bei den COPD-Schüben spielen bakterielle Infektionen, die mit Antibiotika behandelt werden müssen (Wilson, R.: The role of infection in COPD, Chest, 113 (4) Suppl., 242S-248S, 1998; Grossman, R.F.: The value of antibiotics and the outcomes of antibiotic therapy in exacerbations of COPD. Chest, 113 (4) Suppl., 249S-255S, 1998). Die

10 Therapie dieser Erkrankung ist bisher noch unbefriedigend, besonders im Hinblick auf die stetige Abnahme der Lungenfunktion. Neue Therapieansätze, die an Entzündungsmediatoren, Proteasen oder Adhäsionsmolekülen angreifen, könnten sehr erfolgversprechend sein (Barnes, P.J.: Chronic obstructive disease: new opportunities for drug

15 development, TIPS 10 (19), 415-423, 1998).

Unabhängig von den die Erkrankung komplizierenden bakteriellen Infektionen findet man in den Bronchien eine chronische Entzündung, welche durch neutrophile Granulozyten dominiert wird. Für die

20 beobachteten strukturellen Veränderungen in den Atemwegen (Emphysem) werden u.a. die durch neutrophile Granulozyten freigesetzten Mediatoren und Enzyme verantwortlich gemacht. Die Hemmung der Aktivität der neutrophilen Granulozyten ist somit ein rationaler Ansatz, um ein Fortschreiten der COPD (Verschlechterung der

25 Lungenfunktionparameter) zu verhindern oder zu verlangsamen. Ein wichtiger Stimulus für die Aktivierung der Granulozyten ist das pro-inflammatorische Cytokin $\text{TNF}\alpha$ (tumour necrosis factor). So ist bekannt, dass $\text{TNF}\alpha$ die Bildung von Sauerstoff-Radikalen durch neutrophile Granulozyten stimuliert (Jersmann, H.P.A.; Rathjen, D.A. and Ferrante,

30 A.: Enhancement of LPS-induced neutrophil oxygen radical production by $\text{TNF}\alpha$, Infection and Immunity, 4, 1744-1747, 1998). PDE4-Inhibitoren können sehr wirksam die Freisetzung von $\text{TNF}\alpha$ aus einer Vielzahl von Zellen hemmen und somit die Aktivität der neutrophilen Granulozyten

- unterdrücken. Der unspezifische PDE-Inhibitor Pentoxifylline ist in der Lage, sowohl die Bildung von Sauerstoff-Radikalen als auch die Phagozytosefähigkeit von neutrophilen Granulozyten zu hemmen (Wenisch, C.; Zedtwitz-Liebenstein, K.; Parschalk, B. and Graninger, W.:
5 Effect of pentoxifylline in vitro on neutrophil reactive oxygen production and phagocytic ability assessed by flow cytometry, Clin. Drug Invest., 13(2):99-104, 1997).

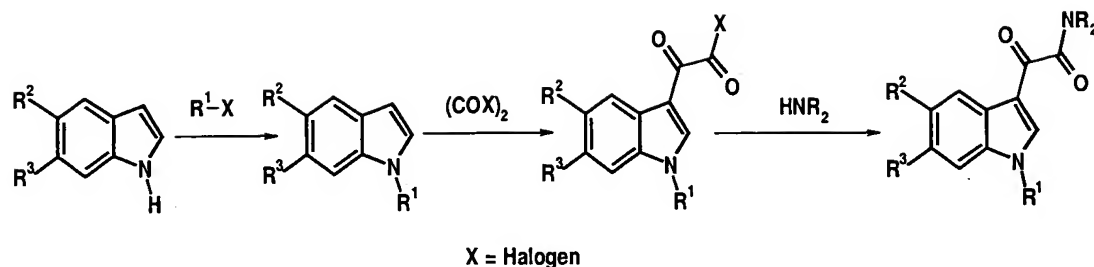
- Es sind bereits verschiedene PDE 4 Inhibitoren bekannt. Vorrangig
10 handelt es sich dabei um Xanthin-Derivate, Rolipram-Analoga oder Nitraquazon-Abkömmlinge (Übersicht in: Karlsson, J.A., Aldos, D., Phosphodiesterase 4 inhibitors for the treatment of asthma, Exp. Opin. Ther. Patents 1997, 7: 989-1003). Keine dieser Verbindungen konnte bisher bis zur klinischen Anwendung gebracht werden. Es musste
15 festgestellt werden, dass die bekannten PDE4-Inhibitoren auch verschiedene Nebenwirkungen, wie Nausea und Emesis, besitzen, die bisher nicht ausreichend zurückgedrängt werden konnten. Deshalb ist die Entdeckung neuer PDE4-Inhibitoren mit besserer therapeutischer Breite erforderlich.

20

- Indol-3-ylglyoxylsäureamide und Verfahren zu deren Herstellung wurden bereits mehrfach beschrieben. In allen Fällen wurden in 3-Position unsubstituierte Indole, die durch Substitution in der Position 1 eines kommerziell erhältlichen Indols synthetisiert werden, durch Umsetzung
25 mit Oxalsäurehalogeniden in Indol-3-ylglyoxylsäure-halogenide überführt, die anschließend durch Reaktion mit Ammoniak bzw. mit primären oder sekundären Aminen die entsprechenden Indol-3-ylglyoxylsäureamide ergeben. (Schema 1)

30

Schema 1:



5 So werden in den Patenten US 2,825,734 und US 3,188,313 verschiedene Indol-3-ylglyoxylsäureamide beschrieben, die gemäß der im Schema 1 dargestellten Weise hergestellt werden. Diese Verbindungen wurden als Zwischenprodukte für die Herstellung von durch Reduktionen entstehenden Indolderivaten verwendet. Auch im Patent US 3,642,803
10 werden Indol-3-ylglyoxylsäureamide beschrieben.

In *Farmaco* 22 (1967), 229-244 wird die Herstellung von 5-Methoxyindol-3-ylglyoxylsäureamiden beschrieben. Erneut wird das verwendete Indol-Derivat mit Oxalylchlorid umgesetzt und das
15 entstandene Indol-3-ylglyoxylsäurechlorid mit einem Amin zur Reaktion gebracht.

Weiterhin werden auch im Patent US 6,008,231 Indol-3-ylglyoxylsäureamide und Verfahren zu deren Herstellung beschrieben.
20 Wiederum werden die in Schema 1 dargestellten Reaktionsschritte und -bedingungen verwendet.

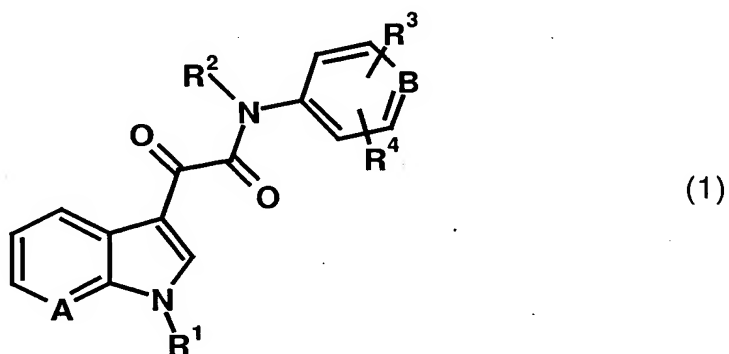
Substituierte 5-Hydroxyindolyl-glyoxylsäureamide und 6-Hydroxyindolyl-glyoxylsäureamide sowie Verfahren zu deren Herstellung und deren
25 Verwendung als PDE4-Inhibitoren wurden erstmals in der Patentanmeldung DE 198 18 964 A1 beschrieben.

7-Azaindol-3-yl-glyoxylsäureamide sind als PDE4-Inhibitoren aus der Patentanmeldung DE 100 53 275 A1 bekannt, welche auch deren

Herstellung und Verwendung als Therapeutika beschreibt.

4- bzw. 7-Hydroxyindol-Derivate, deren Herstellung und Verwendung als PDE4-Inhibitoren werden in der Patentanmeldung DE 102 53 426.8
5 vorgeschlagen.

Die Erfindung betrifft substituierte 7-Azaindole der allgemeinen Formel 1,

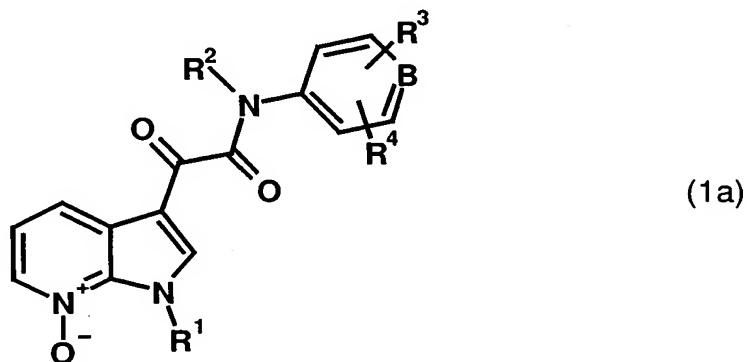


10

und deren physiologisch verträglichen Salze.

Zu den erfindungsgemäßen Verbindungen gehören bevorzugt solche Verbindungen der Formel 1, bei denen

15 **A** für eine N-Oxid Gruppe und **B** für Kohlenstoff (d.h. eine CH-Gruppe oder eine Gruppe CR³ wie im Folgenden definiert) oder Stickstoff steht. Dies sind die erfindungsgemäßen Verbindungen der Formel 1a



worin

R¹

(i) für -C₁₋₁₀-Alkyl, geradkettig oder verzweigt-kettig steht, gegebenenfalls ein- oder mehrfach substituiert mit -OH, -SH, -NH₂,
 5 -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂, -NHC₆₋₁₄-Aryl, -N(C₆₋₁₄-Aryl)₂,
 -N(C₁₋₆-Alkyl)(C₆₋₁₄-Aryl), -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -O-C₆₋₁₄-Aryl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₆₋₁₄-Aryl, -SO₃H, -SO₂C₁₋₆-Alkyl,
 -SO₂C₆₋₁₄-Aryl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₆₋₁₄-Aryl, -COOH,
 10 -(CO)C₁₋₅-Alkyl, -COO-C₁₋₅-Alkyl, -O(CO)C₁₋₅-Alkyl, mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Carbocyclen mit 3-14 Ringgliedern oder/und mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Heterocyclen mit 5-15 Ringgliedern und 1-6 Heteroatomen, die vorzugsweise N, O und S, sind,
 15 wobei die C₆₋₁₄-Aryl-Gruppen und die carbocyclischen und heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -C₁₋₆-Alkyl, -OH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂, -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -SO₃H, -SO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -COOH, -(CO)C₁₋₅-Alkyl, -COO-C₁₋₅-
 20 Alkyl oder/und -O(CO)C₁₋₅-Alkyl substituiert sein können, und wobei die Alkylgruppen an den carbocyclischen und heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H oder/und -COOH substituiert sein können, oder

25 (ii) für -C₂₋₁₀-Alkenyl, ein oder mehrfach ungesättigt, geradkettig oder verzweigt-kettig steht, gegebenenfalls ein- oder mehrfach substituiert mit -OH, -SH, -NH₂,
 -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂, -NHC₆₋₁₄-Aryl, -N(C₆₋₁₄-Aryl)₂,
 30 -N(C₁₋₆-Alkyl)(C₆₋₁₄-Aryl), -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -O-C₆₋₁₄-Aryl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₆₋₁₄-Aryl, -SO₃H, -SO₂C₁₋₆-Alkyl,

-SO₂C₆₋₁₄-Aryl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₆₋₁₄-Aryl, -COOH,
 -(CO)C₁₋₅-Alkyl, -COO-C₁₋₅-Alkyl oder/und -O(CO)C₁₋₅-Alkyl, mit
 mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach
 ungesättigten Carbocyclen mit 3-14 Ringgliedern oder/und mit
 5 mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach
 ungesättigten Heterocyclen mit 5-15 Ringgliedern und 1-6
 Heteroatomen, die vorzugsweise N, O und S sind,
 wobei die C₆₋₁₄-Aryl-Gruppen und die carbocyclischen und
 heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder
 10 mehrfach mit -C₁₋₆-Alkyl, -OH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂,
 -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -SO₃H,
 -SO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -COOH, -(CO)C₁₋₅-Alkyl, -COO-C₁₋₅-
 Alkyl oder/und -O(CO)C₁₋₅-Alkyl substituiert sein können,
 steht, und wobei die Alkylgruppen an den carbocyclischen und
 15 heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder
 mehrfach mit -OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H oder/und
 -COOH substituiert sein können,

R² für Wasserstoff oder -C₁₋₃-Alkyl steht,

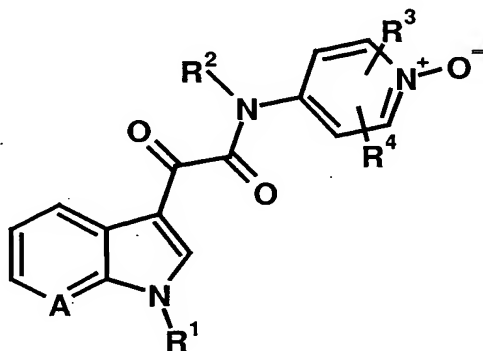
20

R³ und R⁴ gleich oder verschieden sein können und für
 Wasserstoff, -C₁₋₆-Alkyl, -OH, -SH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂,
 -NO₂, -CN, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₆-Alkyl, -COOH, -COO-C₁₋₆-Alkyl, -O(CO)-C₁₋₅-
 Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -Phenyl oder -Pyridyl
 25 stehen, wobei die Phenyl- oder Pyridylsubstituenten ihrerseits
 gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -C₁₋₃-Alkyl, -OH, -SH, -NH₂,
 -NHC₁₋₃-Alkyl, -N(C₁₋₃-Alkyl)₂, -NO₂, -CN, -SO₃H, -SO₃C₁₋₃-Alkyl, -COOH,
 -COOC₁₋₃-Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und
 -O(CO)-C₁₋₃-Alkyl substituiert sein können und wobei die
 30 Alkylsubstituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -OH,
 -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H, -SO₃C₁₋₃-Alkyl, -COOH, -COOC₁₋₃-Alkyl,
 -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und -O(CO)-C₁₋₃-Alkyl substituiert sein

können.

Weiterhin gehören zu den erfindungsgemäßen Verbindungen bevorzugt solche N-Oxide der Formel 1, bei denen

- 5 **B** für eine N-Oxid Gruppe steht. Dies sind die erfindungsgemäßen Verbindungen der Formel 1b



(1b)

worin

- 10 **A** Stickstoff bedeutet,

R^1

- (i) für $-C_{1-10}$ -Alkyl, geradkettig oder verzweigt, steht, gegebenenfalls ein- oder mehrfach substituiert mit -OH, -SH, $-NH_2$,
 15 $-NHC_{1-6}$ -Alkyl, $-N(C_{1-6}\text{-Alkyl})_2$, $-NHC_{6-14}$ -Aryl, $-N(C_{6-14}\text{-Aryl})_2$,
 $-N(C_{1-6}\text{-Alkyl})(C_{6-14}\text{-Aryl})$, $-NO_2$, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, $-O-C_{1-6}$ -Alkyl, $-O-C_{6-14}$ -Aryl, $-S-C_{1-6}$ -Alkyl, $-S-C_{6-14}$ -Aryl, $-SO_3H$, $-SO_2C_{1-6}$ -Alkyl,
 $-SO_2C_{6-14}$ -Aryl, $-OSO_2C_{1-6}$ -Alkyl, $-OSO_2C_{6-14}$ -Aryl, $-COOH$,
 20 $-(CO)C_{1-5}$ -Alkyl, $-COO-C_{1-5}$ -Alkyl, $-O(CO)C_{1-5}$ -Alkyl, mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Carbocyclen mit 3-14 Ringgliedern oder/und mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Heterocyclen mit 5-15 Ringgliedern und 1-6 Heteroatomen, die vorzugsweise N, O und S, sind,
 25 wobei die C_{6-14} -Aryl-Gruppen und die carbocyclischen und

heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit $-C_{1-6}$ -Alkyl, $-OH$, $-NH_2$, $-NHC_{1-6}$ -Alkyl, $-N(C_{1-6}-Alkyl)_2$, $-NO_2$, $-CN$, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, $-O-C_{1-6}$ -Alkyl, $-S-C_{1-6}$ -Alkyl, $-SO_3H$, $-SO_2C_{1-6}$ -Alkyl, $-OSO_2C_{1-6}$ -Alkyl, $-COOH$, $-(CO)C_{1-5}$ -Alkyl, $-COO-C_{1-5}$ -Alkyl oder/und $-O(CO)C_{1-5}$ -Alkyl substituiert sein können, und wobei die Alkylgruppen an den carbocyclischen und heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit $-OH$, $-SH$, $-NH_2$, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, $-SO_3H$ oder/und $-COOH$ substituiert sein können, oder

10

(ii) für $-C_{2-10}$ -Alkenyl, ein oder mehrfach ungesättigt, geradkettig oder verzweigt, steht,

15

gegebenenfalls ein- oder mehrfach substituiert mit $-OH$, $-SH$, $-NH_2$, $-NHC_{1-6}$ -Alkyl, $-N(C_{1-6}-Alkyl)_2$, $-NHC_{6-14}$ -Aryl, $-N(C_{6-14}-Aryl)_2$, $-N(C_{1-6}-Alkyl)(C_{6-14}-Aryl)$, $-NO_2$, $-CN$, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, $-O-C_{1-6}$ -Alkyl, $-O-C_{6-14}$ -Aryl, $-S-C_{1-6}$ -Alkyl, $-S-C_{6-14}$ -Aryl, $-SO_3H$, $-SO_2C_{1-6}$ -Alkyl, $-SO_2C_{6-14}$ -Aryl, $-OSO_2C_{1-6}$ -Alkyl, $-OSO_2C_{6-14}$ -Aryl, $-COOH$, $-(CO)C_{1-5}$ -Alkyl, $-COO-C_{1-5}$ -Alkyl, $-O(CO)C_{1-5}$ -Alkyl, mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Carbocyclen mit 3-14 Ringgliedern oder/und mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Heterocyclen mit 5-15 Ringgliedern und 1-6 Heteroatomen, die vorzugsweise N, O und S sind,

20

25

wobei die C_{6-14} -Aryl-Gruppen und die carbocyclischen und heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit $-C_{1-6}$ -Alkyl- $-OH$, $-NH_2$, $-NHC_{1-6}$ -Alkyl, $-N(C_{1-6}-Alkyl)_2$, $-NO_2$, $-CN$, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, $-O-C_{1-6}$ -Alkyl, $-S-C_{1-6}$ -Alkyl, $-SO_3H$, $-SO_2C_{1-6}$ -Alkyl, $-OSO_2C_{1-6}$ -Alkyl, $-COOH$, $-(CO)C_{1-5}$ -Alkyl, $-COO-C_{1-5}$ -Alkyl oder/und $-O(CO)C_{1-5}$ -Alkyl substituiert sein können, und wobei die Alkylgruppen an den carbocyclischen und heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder

30

mehrfach mit -OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H oder/und -COOH substituiert sein können,

R² für Wasserstoff oder -C₁₋₃-Alkyl steht,

5

R³ und R⁴ gleich oder verschieden sein können und für

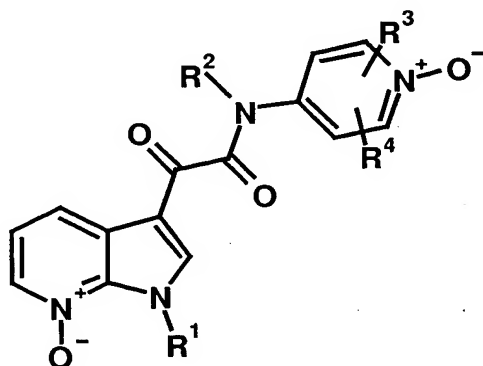
Wasserstoff, -C₁₋₆-Alkyl, -OH, -SH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂, -NO₂, -CN, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₆-Alkyl, -COOH, -COO-C₁₋₆-Alkyl, -O(CO)-C₁₋₅-Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -Phenyl oder -Pyridyl

10 stehen, wobei die Phenyl- oder Pyridylsubstituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -C₁₋₃-Alkyl, -OH, -SH, -NH₂, -NHC₁₋₃-Alkyl, -N(C₁₋₃-Alkyl)₂, -NO₂, -CN, -COOH, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₃-Alkyl, -COOC₁₋₃-Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und -O(CO)-C₁₋₃-Alkyl substituiert sein können und wobei die

15 Alkylsubstituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₃-Alkyl, -COOH, -COOC₁₋₃-Alkyl, -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und -O(CO)-C₁₋₃-Alkyl substituiert sein können.

20 Weiterhin gehören zu den erfindungsgemäßen Verbindungen solche N-Oxide der Formel 1, bei denen **A** und **B** für eine N-Oxid Gruppe steht. Dies sind die erfindungsgemäßen Verbindungen der Formel 1c

25



(1c)

worin

R¹

- (i) für -C₁₋₁₀-Alkyl, geradkettig oder verzweigt-kettig steht, gegebenenfalls ein- oder mehrfach substituiert mit -OH, -SH, -NH₂,
 5 -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂, -NHC₆₋₁₄-Aryl, -N(C₆₋₁₄-Aryl)₂,
 -N(C₁₋₆-Alkyl)(C₆₋₁₄-Aryl), -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -O-
 C₆₋₁₄-Aryl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₆₋₁₄-Aryl, -SO₃H, -SO₂C₁₋₆-Alkyl,
 -SO₂C₆₋₁₄-Aryl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₆₋₁₄-Aryl, -COOH,
 10 -(CO)C₁₋₅-Alkyl, -COO-C₁₋₅-Alkyl, -O(CO)C₁₋₅-Alkyl, mit mono-, bi-
 oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach
 ungesättigten Carbocyclen mit 3-14 Ringgliedern oder/und mit
 mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach
 ungesättigten Heterocyclen mit 5-15 Ringgliedern und 1-6
 Heteroatomen, die vorzugsweise N, O und S, sind,
 15 wobei die C₆₋₁₄-Aryl-Gruppen und die carbocyclischen und
 heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder
 mehrfach mit -C₁₋₆-Alkyl, -OH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂,
 -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -SO₃H,
 -SO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -COOH, -(CO)C₁₋₅-Alkyl,
 20 -COO-C₁₋₅-Alkyl oder/und -O(CO)C₁₋₅-Alkyl substituiert sein können,
 und wobei die Alkylgruppen an den carbocyclischen und
 heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder
 mehrfach mit -OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H oder/und
 -COOH substituiert sein können, oder
 25
- (ii) für -C₂₋₁₀-Alkenyl, ein oder mehrfach ungesättigt, geradkettig oder
 verzweigt-kettig steht,
 gegebenenfalls ein- oder mehrfach substituiert mit -OH, -SH, -NH₂,
 -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂, -NHC₆₋₁₄-Aryl, -N(C₆₋₁₄-Aryl)₂,
 30 -N(C₁₋₆-Alkyl)(C₆₋₁₄-Aryl), -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl,
 -O-C₆₋₁₄-Aryl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₆₋₁₄-Aryl, -SO₃H, -SO₂C₁₋₆-Alkyl,

-SO₂C₆₋₁₄-Aryl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₆₋₁₄-Aryl, -COOH,
 -(CO)C₁₋₅-Alkyl, -COO-C₁₋₅-Alkyl, -O(CO)C₁₋₅-Alkyl, mit mono-, bi-
 oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach
 ungesättigten Carbocyclen mit 3-14 Ringgliedern oder/und mit
 5 mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach
 ungesättigten Heterocyclen mit 5-15 Ringgliedern und 1-6
 Heteroatomen, die vorzugsweise N, O und S sind,
 wobei die C₆₋₁₄-Aryl-Gruppen und die carbocyclischen und
 heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder
 10 mehrfach mit -C₁₋₆-Alkyl, -OH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂,
 -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -SO₃H,
 -SO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -COOH, -(CO)C₁₋₅-Alkyl,
 -COO-C₁₋₅-Alkyl oder/und -O(CO)C₁₋₅-Alkyl substituiert sein können,
 und wobei die Alkylgruppen an den carbocyclischen und
 15 heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder
 mehrfach mit -OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H oder/und
 -COOH substituiert sein können,

R² für Wasserstoff oder -C₁₋₃-Alkyl steht,

20

R³ und R⁴ gleich oder verschieden sein können und für
 Wasserstoff, -C₁₋₆-Alkyl, -OH, -SH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂,
 -NO₂, -CN, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₆-Alkyl, -COOH, -COO-C₁₋₆-Alkyl, -O(CO)-C₁₋₅-
 Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -Phenyl oder -Pyridyl
 25 stehen, wobei die Phenyl- oder Pyridylsubstituenten ihrerseits
 gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -C₁₋₃-Alkyl, -OH, -SH, -NH₂,
 -NHC₁₋₃-Alkyl, -N(C₁₋₃-Alkyl)₂, -NO₂, -CN, -SO₃H, -SO₃C₁₋₃-Alkyl, -COOH,
 -COOC₁₋₃-Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und
 -O(CO)-C₁₋₃-Alkyl substituiert sein können und wobei die
 30 Alkylsubstituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -OH,
 -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H, -SO₃C₁₋₃-Alkyl, -COOH, -COOC₁₋₃-Alkyl,
 -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und -O(CO)-C₁₋₃-Alkyl substituiert sein

können.

Bevorzugt sind Verbindungen der Formel 1, bei denen R¹ ein gegebenenfalls substituierter C₁₋₄-Alkylrest, besonders bevorzugt ein C₁-
5 Rest, mit einem cyclischen Substituenten ist. Die cyclischen Substituenten sind vorzugsweise C₃₋₈-Cycloalkylgruppen oder C₅₋₁₀-Aryl- oder Heteroarylreste, z.B. Phenyl- oder Naphthylreste, die mindestens einen Substituenten ausgewählt aus Halogen, d.h. -F, -Cl, -Br oder -I, -OH, -NO₂, -CN, -CH₃, -OCH₃ und -CF₃ tragen können.

10

R² ist vorzugsweise H oder -CH₃. Mindestens einer von R³ und R⁴ ist vorzugsweise Halogen, d.h. -F, -Cl, -Br, oder -I. Besonders bevorzugt sind R³ und R⁴ Halogen, z.B. -Cl.

15 Weiterhin betrifft die Erfindung die physiologisch verträglichen Salze der Verbindungen gemäß Formel 1.

Die physiologisch verträglichen Salze werden in üblicher Weise durch Neutralisation der Basen mit anorganischen oder organischen Säuren
20 bzw. durch Neutralisation der Säuren mit anorganischen oder organischen Basen erhalten. Als anorganische Säuren kommen zum Beispiel Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure oder Bromwasserstoffsäure, als organische Säuren zum Beispiel Carbon-, Sulfo- oder Sulfonsäure, wie Essigsäure, Weinsäure, Milchsäure,
25 Propionsäure, Glykolsäure, Malonsäure, Maleinsäure, Fumarsäure, Gerbsäure, Succinsäure, Alginsäure, Benzoessäure, 2-Phenoxybenzoessäure, 2-Acetoxybenzoessäure, Zimtsäure, Mandelsäure, Zitronensäure, Apfelsäure, Salicylsäure, 3-Aminosalicylsäure, Ascorbinsäure, Embonsäure, Nicotinsäure, Isonicotinsäure, Oxalsäure,
30 Aminosäuren, Methansulfonsäure, Ethansulfonsäure, 2-Hydroxyethansulfonsäure, Ethan-1,2-disulfonsäure, Benzolsulfonsäure, 4-Methylbenzolsulfonsäure oder Naphthalin-2-sulfonsäure, infrage. Als anorganische Basen kommen zum Beispiel Natronlauge, Kalilauge,

Ammoniak sowie als organische Basen Amine, bevorzugt jedoch tertiäre Amine, wie Trimethylamin, Triethylamin, Pyridin, N,N-Dimethylanilin, Chinolin, Isochinolin, α -Picolin, β -Picolin, γ -Picolin, Chinaldin oder Pyrimidin, infrage.

5

Des Weiteren können physiologisch verträgliche Salze der Verbindungen gemäß Formel 1 dadurch gewonnen werden, dass Derivate, die tertiäre Amino-Gruppen besitzen, in an sich bekannter Weise mit Quaternierungsmitteln in die entsprechenden quaternären Ammoniumsalze überführt werden. Als Quaternierungsmittel kommen beispielsweise Alkylhalogenide, wie Methyljodid, Ethylbromid und n-Propylchlorid, aber auch Arylalkylhalogenide, wie Benzylchlorid oder 2-Phenylethylbromid, infrage.

15 Weiterhin betrifft die Erfindung von den Verbindungen der Formel 1, die ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthalten, die D-Form, die L-Form und D,L-Mischungen sowie im Falle mehrerer asymmetrischer Kohlenstoffatome die diastereomeren Formen. Diejenigen Verbindungen der Formel 1, die asymmetrische Kohlenstoffatome enthalten und in der Regel als Razemate anfallen, können in an sich bekannter Weise, 20 beispielsweise mit einer optisch aktiven Säure, in die optisch aktiven Isomeren getrennt werden. Es ist aber auch möglich, von vornherein eine optisch aktive Ausgangssubstanz einzusetzen, wobei dann als Endprodukt eine entsprechende optisch aktive beziehungsweise 25 diastereomere Verbindung erhalten wird.

Für die erfindungsgemäßen Verbindungen wurden pharmakologisch bedeutende Eigenschaften gefunden, die therapeutisch genutzt werden können. Die Verbindungen gemäß Formel 1 können alleine, in 30 Kombination untereinander oder in Kombination mit anderen Wirkstoffen eingesetzt werden.

Die erfindungsgemäßen Verbindungen sind Inhibitoren der

Phosphodiesterase 4. Es ist daher Gegenstand dieser Erfindung, dass die Verbindungen gemäß Formel 1 und deren Salze sowie pharmazeutische Zubereitungen, die diese Verbindungen oder deren Salze enthalten, zur Behandlung von Erkrankungen verwendet werden können, bei denen
5 eine Inhibition der Phosphodiesterase 4 nützlich ist.

Zu diesen Erkrankungen gehören beispielsweise Gelenkentzündungen einschließlich Arthritis und rheumatoide Arthritis sowie andere arthritische Erkrankungen, wie rheumatoide Spondylitis und Osteoarthritis. Weitere
10 Anwendungsmöglichkeiten sind die Behandlung von Patienten, die unter Osteoporose, Sepsis, septischem Schock, gramnegativer Sepsis, toxischem Schocksyndrom, Atemnotsyndrom, Asthma oder anderen chronischen pulmonalen Erkrankungen, Knochenresorptions-Krankheiten oder Transplantat-Abstoßungsreaktionen oder anderen
15 Autoimmunerkrankungen, wie Lupus erythematosus, Multipler Sklerose, Glomerulonephritis und Uveitis, Insulin abhängigem Diabetes mellitus sowie chronischer Demyelinisierung leiden.

Außerdem können die erfindungsgemäßen Verbindungen auch zur
20 Therapie von Infektionen, wie Virusinfektionen und Parasiten-Infektionen, beispielsweise zur Therapie von Malaria, Leishmaniasis, infektionsbedingtem Fieber, infektionsbedingten Muskelschmerzen, AIDS und Kachexien, sowie von nicht-allergischer Rhinitis eingesetzt werden.

25 Die erfindungsgemäßen Verbindungen können ebenfalls zur Therapie von hyperproliferativen Erkrankungen, insbesondere von Krebserkrankungen, beispielsweise zur Therapie von Melanomen, von Brustkrebs, Lungenkrebs, Darmkrebs, Hautkrebs und von Leukämien verwendet werden.

30 Die erfindungsgemäßen Verbindungen können auch als Bronchodilatoren und zur Behandlung von Asthma, z.B. zur Asthma-Prophylaxe eingesetzt werden.

Die Verbindungen gemäß Formel 1 sind weiterhin Inhibitoren der Akkumulation von Eosinophilen sowie deren Aktivität. Demzufolge können die erfindungsgemäßen Verbindungen auch bei Erkrankungen eingesetzt werden, bei denen Eosinophile eine Rolle spielen. Zu diesen
5 Erkrankungen gehören beispielsweise entzündliche Atemwegserkrankungen, wie Asthma bronchiale, allergische Rhinitis, allergische Konjunktivitis, atopische Dermatitis, Ekzeme, allergische Angiitis, durch Eosinophile vermittelte Entzündungen, wie eosinophile Fasciitis, eosinophile Pneumonie und PIE-Syndrom (Pulmonale Infiltration
10 mit Eosinophilie), Urtikaria, ulcerative Colitis, die Crohn-Krankheit und proliferative Hauterkrankungen, wie Psoriasis oder Keratosis.

Gegenstand dieser Erfindung ist es, dass die Verbindungen gemäß Formel 1 und deren Salze auch die LPS-induzierte pulmonale
15 Neutrophilen-Infiltration bei Ratten *in vivo* inhibieren können. Die gefundenen pharmakologisch bedeutsamen Eigenschaften belegen, dass die Verbindungen gemäß Formel 1 und deren Salze sowie pharmazeutische Zubereitungen, die diese Verbindungen oder deren Salze enthalten, zur Behandlung von chronisch obstruktiven
20 Lungenerkrankungen therapeutisch genutzt werden können.

Die erfindungsgemäßen Verbindungen besitzen weiterhin neuroprotektive Eigenschaften und können zur Therapie von Krankheiten verwendet werden, bei denen Neuroprotektion nützlich ist. Solche Erkrankungen sind
25 beispielsweise senile Demenz (Alzheimer's Krankheit), Gedächtnisschwund, Parkinson's Krankheit, Depressionen, Schlaganfälle und Claudikatio intermittens.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten der erfindungsgemäßen
30 Verbindungen sind die Prophylaxe und Therapie von Prostata-Krankheiten, wie beispielsweise benigne Prostata-Hyperplasie, Pollakisurie, Nocturie, sowie die Behandlung von Inkontinenz, von durch Harnsteine ausgelösten Koliken und von männlichen und weiblichen

sexuellen Dysfunktionen.

Schließlich können die erfindungsgemäßen Verbindungen ebenfalls zur Inhibition der Entstehung einer Arzneimittelabhängigkeit bei wiederholtem
5 Einsatz von Analgetika, wie beispielsweise Morphin, sowie zur Verringerung der Toleranzentwicklung beim wiederholten Einsatz von diesen Analgetika verwendet werden.

Zur Herstellung der Arzneimittel wird neben den üblichen Hilfsmitteln,
10 Träger- und Zusatzstoffen eine wirksame Dosis der erfindungsgemäßen Verbindungen oder deren Salze verwendet. Die Dosierung der Wirkstoffe kann je nach Verabfolgungsweg, Alter, Gewicht des Patienten, Art und Schwere der zu behandelnden Erkrankungen und ähnlichen Faktoren variieren. Die tägliche Dosis kann als einmal zu verabreichende
15 Einzeldosis oder unterteilt in 2 oder mehrere Tagesdosen gegeben werden und beträgt in der Regel 0,001-100 mg. Besonders bevorzugt werden Tagesdosierungen von 0,1-50 mg verabreicht.

Als Applikationsform kommen orale, parenterale, intravenöse,
20 transdermale, topische, inhalative und intranasale Zubereitungen infrage. Besonders bevorzugt werden topische, inhalative und intranasale Zubereitungen der erfindungsgemäßen Verbindungen verwendet. Zur Anwendung kommen die üblichen galenischen Zubereitungsformen, wie Tabletten, Dragees, Kapseln, dispergierbare Pulver, Granulate, wässrige
25 Lösungen, wässrige oder ölige Suspensionen, Sirup, Säfte oder Tropfen.

Feste Arzneiformen können inerte Inhalts- und Trägerstoffe enthalten, wie z.B. Calciumcarbonat, Calciumphosphat, Natriumphosphat, Lactose, Stärke, Mannit, Alginate, Gelatine, Guar-Gummi, Magnesium- oder
30 Aluminiumstearat, Methylcellulose, Talkum, hochdisperse Kieselsäuren, Silikonöl, höhermolekulare Fettsäuren (wie Stearinsäure), Gelatine, Agar-Agar oder pflanzliche oder tierische Fette und Öle, feste hochmolekulare Polymere (wie Polyethylenglykol); für orale Applikation geeignete

Zubereitungen können gewünschtenfalls zusätzliche Geschmacks- und/oder Süßstoffe enthalten.

Flüssige Arzneiformen können sterilisiert sein und/oder gegebenenfalls
5 Hilfsstoffe, wie Konservierungsmittel, Stabilisatoren, Netzmittel, Penetrationsmittel, Emulgatoren, Spreitmittel, Lösungsvermittler, Salze, Zucker oder Zuckeralkohole, zur Regelung des osmotischen Drucks oder zur Pufferung und/oder Viskositätsregulatoren enthalten.

10 Derartige Zusätze sind z.B. Tartrat- und Citrat-Puffer, Ethanol, Komplexbildner (wie Ethylendiamin-tetraessigsäure und deren nicht-toxische Salze). Zur Regelung der Viskosität kommen hochmolekulare Polymere in Frage, wie beispielsweise flüssiges Polyethylenoxid, mikrokristalline Cellulosen, Carboxymethylcellulosen, Polyvinyl-
15 pyrrolidone, Dextrane oder Gelatine. Feste Trägerstoffe sind z.B. Stärke, Lactose, Mannit, Methylcellulose, Talkum, hochdisperse Kieselsäuren, höhermolekulare Fettsäuren (wie Stearinsäure), Gelatine, Agar-Agar, Calciumphosphat, Magnesiumstearat, tierische und pflanzliche Fette, feste hochmolekulare Polymere, wie Polyethylenglykol.

20

Ölige Suspensionen für parenterale oder topische Anwendungen können
vegetabile synthetische oder semisynthetische Öle, wie beispielsweise
flüssige Fettsäureester mit jeweils 8 bis 22 C-Atomen in den
Fettsäureketten, zum Beispiel Palmitin-, Laurin-, Tridecyl-, Margarin-,
25 Stearin-, Arachin-, Myristin-, Behen-, Pentadecyl-, Linol-, Elaidin-,
Brasidin-, Eruca- oder Ölsäure, die mit ein- bis dreiwertigen Alkoholen mit
1 bis 6 C-Atomen, wie beispielsweise Methanol, Ethanol, Propanol,
Butanol, Pentanol oder deren Isomere, Glycol oder Glycerol verestert
sind, sein. Derartige Fettsäureester sind beispielsweise handelsübliche
30 Miglyole, Isopropylmyristat, Isopropylpalmitat, Isopropylstearat, PEG 6-
Caprinsäure, Capryl/Caprinsäureester von gesättigten Fettalkoholen,
Polyoxyethylenglyceroltrioleate, Ethyloleat, wachsartige Fettsäureester,
wie künstliches Entenbürzeldrüsenfett, Kokosfettsäureisopropylester,

Ölsäureoleylester, Ölsäuredecylester, Milchsäureethylester, Dibutylphthalat, Adipinsäurediisopropylester, Polyol-Fettsäureester u.a. Ebenso geeignet sind Silikonöle verschiedener Viskosität oder Fettalkohole, wie Isotridecylalkohol, 2-OctyldWasserstoff, -C₁₋₆-Alkyl, -OH, 5 -SH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂, -NO₂, -CN, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₆-Alkyl, COOH, -COO-C₁₋₆-Alkyl, -O(CO)-C₁₋₅-Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -Phenyl oder -Pyridyl stehen, wobei die Phenyl- oder Pyridylsubstituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -C₁₋₃-Alkyl, -OH, -SH, -NH₂, -NHC₁₋₃-Alkyl, -N(C₁₋₃-Alkyl)₂, -NO₂, -CN, 10 -COOH, -COOC₁₋₃-Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und -O(CO)-C₁₋₃-Alkyl substituiert sein können und wobei die Alkylsubstituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₃-Alkyl, -COOH, -COOC₁₋₃-Alkyl, -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und -O(CO)-C₁₋₃-Alkyl substituiert 15 sein können. odecanol, Cetylstearyl-Alkohol oder Oleylalkohol, Fettsäuren, wie beispielsweise Ölsäure. Weiterhin können vegetabile Öle, wie Rizinusöl, Mandelöl, Olivenöl, Sesamöl, Baumwollsaatöl, Erdnußöl oder Sojabohnenöl, Verwendung finden.

20 Als Lösungsmittel, Gelbildner und Lösungsvermittler kommen infrage Wasser oder mit Wasser mischbare Lösungsmittel. Geeignet sind z.B. Alkohole, wie beispielsweise Ethanol oder Isopropylalkohol, Benzylalkohol, 2-Octyldodecanol, Polyethylenglykole, Phthalate, Adipate, Propylenglykol, Glycerin, Di- oder Tripropylenglykol, Wachse, 25 Methylcellosolve, Cellosolve, Ester, Morpholine, Dioxan, Dimethylsulfoxid, Dimethylformamid, Tetrahydrofuran, Cyclohexanon etc.

Als Filmbildner können Celluloseether verwendet werden, die sich sowohl in Wasser als auch in organischen Lösungsmitteln lösen bzw. anquellen 30 können, wie beispielsweise Hydroxypropylmethyl-cellulose, Methylcellulose, Ethylcellulose oder lösliche Stärken.

Mischformen zwischen Gel- und Filmbildnern sind durchaus ebenfalls

möglich. Hier kommen vor allem ionische Makromoleküle zur Anwendung, wie z.B. Natriumcarboxymethylcellulose, Polyacrylsäure, Polymethacrylsäure und deren Salze, Natriumamylopektinsemiglykolat, Alginsäure oder Propylenglykol-Alginat als Natriumsalz, Gummi arabicum, 5 Xanthan-Gummi, Guar-Gummi oder Carrageenan.

Als weitere Formulierungshilfsmittel können eingesetzt werden: Glycerin, Paraffin unterschiedlicher Viskosität, Triethanolamin, Collagen, Allantoin, Novantisolsäure.

10

Auch die Verwendung von Tensiden, Emulgatoren oder Netzmitteln kann zur Formulierung notwendig sein, wie z.B. von Na-Laurylsulfat, Fettalkoholethersulfaten, Di-Na-N-lauryl- β -iminodipropionat, polyoxyethyliertes Rizinusöl oder Sorbitan-Monooleat, Sorbitan-Monostearat, 15 Polysorbaten (z.B. Tween), Cetylalkohol, Lecithin, Glycerinmonostearat, Polyoxyethylenstearat, Alkylphenolpolyglykolether, Cetyltrimethylammoniumchlorid oder Mono-/Dialkylpolyglykoletherorthophosphorsäuremonoethanolaminsalzen.

20 Stabilisatoren, wie Montmorillonite, oder kolloidale Kieselsäuren zur Stabilisierung von Emulsionen oder zur Verhinderung des Abbaus der aktiven Substanzen, wie Antioxidantien, beispielsweise Tocopherole oder Butylhydroxyanisol, oder Konservierungsmittel, wie p-Hydroxybenzoesäureester, können ebenfalls zur Zubereitung der gewünschten 25 Formulierungen gegebenfalls erforderlich sein.

Zubereitungen zur parenteralen Applikation können in separaten Dosiseinheitenformen, wie z.B. Ampullen oder Vials, vorliegen. Vorzugsweise werden Lösungen des Wirkstoffes verwendet, bevorzugt 30 wässrige Lösungen und vor allem isotonische Lösungen aber auch Suspensionen. Diese Injektionsformen können als Fertigpräparat zur Verfügung gestellt werden oder erst direkt vor der Anwendung durch Mischen der wirksamen Verbindung, z.B. des Lyophilisats,

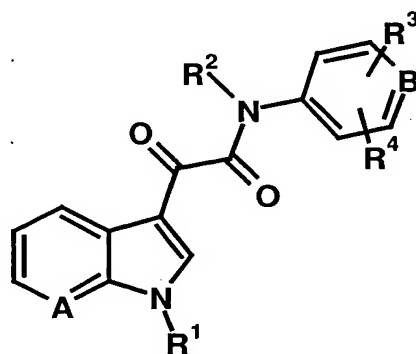
gegebenenfalls mit weiteren festen Trägerstoffen, mit dem gewünschten Lösungs- oder Suspensionsmittel zubereitet werden.

- 5 Intranasale Zubereitungen können als wässrige oder ölige Lösungen bzw. als wässrige oder ölige Suspensionen vorliegen. Sie können auch als Lyophilisate vorliegen, die vor der Anwendung mit dem geeigneten Lösungs- oder Suspensionsmittel zubereitet werden.

- 10 Die Herstellung, Abfüllung und Verschließung der Präparate erfolgt unter den üblichen antimikrobiellen und aseptischen Bedingungen.

Die Erfindung betrifft weiterhin Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Verbindungen.

- 15 Erfindungsgemäß werden die Verbindungen der allgemeinen Formel 1 mit den zuvor dargestellten Bedeutungen von A, B, R¹, R², R³ und R⁴ hergestellt,



(1)

20

- indem Verbindungen der Formel 1 mit der zuvor dargestellten Bedeutung von R¹, R², R³ und R⁴, bei denen A für Stickstoff steht und B Stickstoff oder Kohlenstoff sein kann, in an sich bekannter Weise durch Behandlung mit einem Oxidationsmittel, z.B. einer organischen Persäure, vorzugsweise mit m-Chlorperbenzoesäure oder/und Peressigsäure zu den erfindungsgemäßen Verbindungen der Formel 1a, 1b oder 1c oxidiert werden. Gegebenenfalls entstehende Gemische von N-Oxiden können in
- 25

1.2 N-(2,6-Dichlorphenyl)-[1-(2-chlorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid

3,1 g N-(3,5-Dichlorphenyl)-[1-(2-chlorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-
5 säureamid werden in 180 ml Dichlormethan gelöst. Unter Rühren wird
eine Lösung von 6 g m-Chlorperbenzoesäure in 12 ml Essigsäure
zugetropft. Das Reaktionsgemisch wird bei Raumtemperatur 7 Tage lang
gerührt. Durch Zugabe einer Kaliumcarbonat-Lösung wird das Gemisch
auf pH 8 bis 9 gestellt. Die Phasen werden getrennt und die organische
10 Phase mit 100 ml Wasser gewaschen. Das Lösungsmittel wird unter
Vakuum abdestilliert. Der Rückstand wird mit 30 ml Wasser bei 50 °C
verrührt, abgesaugt und aus 100 ml Isopropanol umkristallisiert.

Ausbeute: 1,3 g (40 % d. Th.)

15 Schmelzpunkt: 165 -168 °C

Beispiel 2:

**Exemplarisches Herstellungsverfahren für erfindungsgemäße
Verbindungen der Formel 1b:**

20

**2.1 N-(3,5-Dichlor-1-oxypyridin-4-yl)-[1-(4-fluorbenzyl)-7-
azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid**

3 g N-(3,5-Dichlorpyridin-4-yl)-[1-(4-fluorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-
25 säureamid werden in 180 ml Dichlormethan gelöst. Unter Rühren wird
eine Lösung von 6 g m-Chlorperbenzoesäure in 12 ml Essigsäure
zugetropft. Das Reaktionsgemisch wird bei Raumtemperatur 7 Tage lang
gerührt. Durch Zugabe einer Kaliumcarbonat-Lösung wird das Gemisch
auf pH 8 bis 9 gestellt. Die Phasen werden getrennt und die organische
30 Phase mit 100 ml Wasser gewaschen. Das Lösungsmittel wird unter
Vakuum abdestilliert. Der Rückstand wird in 10 ml Isopropanol verrührt.
Das Kristallisat wird abgetrennt und bei Raumtemperatur getrocknet. Das
Rohprodukt wird durch präparative HPLC gereinigt. Als

an sich bekannter Weise durch Kristallisation oder chromatographische Methoden in die reinen Verbindungen der Formel 1a, 1b oder 1c getrennt werden.

5 Beispiele

Beispiel 1:

Exemplarische Herstellungsverfahren für erfindungsgemäße Verbindungen der Formel 1a:

10

1.1 N-(3,5-Dichlorpyridin-4-yl)-[1-(4-fluorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid

3 g N-(3,5-Dichlorpyridin-4-yl)-[1-(4-fluorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-
15 säureamid werden in 180 ml Dichlormethan gelöst. Unter Rühren wird eine Lösung von 6 g m-Chlorperbenzoesäure in 12 ml Essigsäure zugetropft. Das Reaktionsgemisch wird bei Raumtemperatur 7 Tage lang gerührt. Durch Zugabe einer Kaliumcarbonat-Lösung wird das Gemisch auf pH 8 bis 9 gestellt. Die Phasen werden getrennt und die organische
20 Phase mit 100 ml Wasser gewaschen. Das Lösungsmittel wird unter Vakuum abdestilliert. Der Rückstand wird in 10 ml Isopropanol verrührt. Das Kristallisat wird abgetrennt und bei Raumtemperatur getrocknet. Das Rohprodukt wird durch präparative HPLC gereinigt. Als Lösungsmittelsystem wird ein Gemisch von Ethylacetat mit Methanol im
25 Verhältnis 85:15 verwendet.

Von der das Produkt enthaltenden Fraktion wird das Lösungsmittelgemisch im Vakuum abdestilliert und der Rückstand aus Isopropanol umkristallisiert.

30

Ausbeute: 0,3 g (9,4 % d. Th.)

Schmelzpunkt: 205 -208 °C

Lösungsmittelsystem wird ein Gemisch von Ethylacetat mit Methanol im Verhältnis 85:15 verwendet.

Von der das Produkt enthaltenden Fraktion wird das
5 Lösungsmittelgemisch im Vakuum abdestilliert und der Rückstand aus Ethanol umkristallisiert.

Ausbeute: 1,2 g (37,5 % d. Th.)

Schmelzpunkt: 233 -236 °C

10

Beispiel 3:

Exemplarisches Herstellungsverfahren für erfindungsgemäße Verbindungen der Formel 1c:

15 **3.1 N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(4-fluorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid**

3 g N-(3,5-Dichlorpyridin-4-yl)-[1-(4-fluorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-
säureamid werden in 180 ml Dichlormethan gelöst. Unter Rühren wird
20 eine Lösung von 6 g m-Chlorperbenzoesäure in 12 ml Essigsäure zugetropft. Das Reaktionsgemisch wird bei Raumtemperatur 7 Tage lang gerührt. Durch Zugabe einer Kaliumcarbonat-Lösung wird das Gemisch auf pH 8 bis 9 gestellt. Die Phasen werden getrennt und die organische Phase mit 100 ml Wasser gewaschen. Das Lösungsmittel wird unter
25 Vakuum abdestilliert. Der Rückstand wird in 10 ml Isopropanol verrührt. Das Kristallisat wird abgetrennt und bei Raumtemperatur getrocknet. Das Rohprodukt wird durch präparative HPLC gereinigt. Als Lösungsmittelsystem wird ein Gemisch von Ethylacetat mit Methanol im Verhältnis 90:10 verwendet.

30

Von der das Produkt enthaltenden Fraktion wird das Lösungsmittelgemisch im Vakuum abdestilliert und der Rückstand aus Ethanol umkristallisiert.

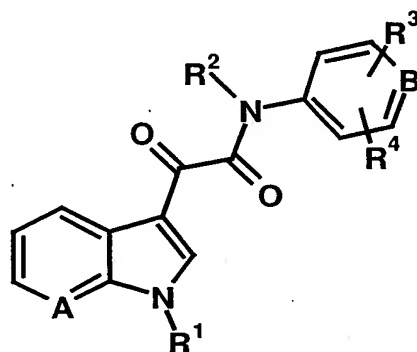
Ausbeute: 0,2 g (6,3 % d. Th.)

Schmelzpunkt: 254 -257 °C

5 Beispiel 4:

Herstellung weiterer Verbindungen

Unter Verwendung der angegebenen Herstellungsverfahren können zahlreiche weitere Verbindungen der Formel 1 hergestellt werden, von denen folgende beispielhaft angeführt werden:



(1)

Verbindung	A	B	R ¹	-R ²	-R ³	-R ⁴
1	N-O	N	4-Fluorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
2	N-O	CH	2-Chlorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
3	N	N-O	4-Fluorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
4	N-O	N-O	4-Fluorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
5	N-O	CH	4-Fluorbenzyl-	-H	-H	-H
6	N	N-O	2-Fluorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
7	N	N-O	3-Nitrobenzyl-	-H	-Cl	-Cl

8	N	N-O	2,6-Difluorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
9	N	N-O	2,4-Dichlorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
10	N-O	N	2,4-Dichlorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
11	N	N-O	2-Chlorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
12	N-O	N	2-Chlorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
13	N-O	N-O	2-Chlorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
14	N-O	N	2-Chlorbenzyl-	-CH ₃	-Cl	-Cl
15	N	N-O	2-Chlorbenzyl-	-CH ₃	-Cl	-Cl
16	N	N-O	2-Chlorbenzyl-	-CH ₃	-H	-H
17	N	N-O	2,6-Dichlorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
18	N	N-O	2-Methylbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
19	N	N-O	2,6-Dimethylbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
20	N	N-O	n-Hexyl-	-H	-Cl	-Cl
21	N	N-O	Isobutyl-	-H	-Cl	-Cl
22	N	N-O	Cyclopropylmethyl-	-H	-Cl	-Cl
23	N	N-O	1-Naphthylmethyl-	-H	-Cl	-Cl
24	N-O	N	2-Chlor-6-fluorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
25	N	N-O	2-Chlor-6-fluorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl
26	N-O	N-O	2-Chlor-6-fluorbenzyl-	-H	-Cl	-Cl

27	N	N-O	2-Difluormethoxy- benzyl-	-H	-Cl	-Cl
28	N	N-O	2-Cyanobenzyl-	-H	-Cl	-Cl

- 15 Die erfindungsgemäßen Verbindungen sind starke Inhibitoren der Phosphodiesterase 4. Ihr therapeutisches Potential wird *in vivo* beispielsweise durch die Hemmung der asthmatischen Spätphase-Reaktion (Eosinophilie) sowie durch die Hemmung der LPS-induzierten Neutrophilie bei Ratten belegt.

20

Beispiel 5:

Inhibition der Phosphodiesterase 4

- Die PDE4-Aktivität wird mit Enzympräparationen aus humanen polymorphkernigen Lymphocyten (PMNL) bestimmt. Humanes Blut (buffy coats) wurde mit Citrat anticoaguliert. Durch eine Zentrifugation bei 700 x g für 20 Minuten bei Raumtemperatur (RT) wird das thrombocytenreiche Plasma im Überstand von den Erythrocyten und Leukocyten getrennt. Die PMNLs für die PDE4-Bestimmung werden durch eine folgende
- 30 Dextran sedimentation und anschließende Gradientenzentrifugation mit Ficoll-Paque isoliert. Nach einem zweimaligen Waschen der Zellen werden die noch enthaltenen Erythrocyten durch die Zugabe von 10 ml hypotonischem Puffer (155 mM NH₄Cl, 10 mM NaHCO₃, 0,1 mM EDTA, pH=7,4) innerhalb von 6 Minuten bei 4 °C lysiert. Die noch intakten PMNLs
- 35 werden noch zwei Mal mit PBS gewaschen und mittels Ultraschall lysiert. Der Überstand einer einstündigen Zentrifugation bei 4 °C bei 48000 x g enthält die cytosolische Fraktion der PDE 4 und wird für die PDE4-Messungen eingesetzt.
- 40 Die Phosphodiesteraseaktivität wird mit einer modifizierten Methode der Firma Amersham Pharmacia Biotech, einem SPA-Assay (Scintillation Proximity Assay), durchgeführt.

Die Reaktionsmischungen enthalten Puffer (50 mM Tris-HCl (pH 7,4), 5 mM MgCl₂, 100 µM cGMP), die Inhibitoren in variablen Konzentrationen und die entsprechende Enzympräparation. Durch die Zugabe des Substrates, 0,5 µM [³H]-cAMP, wird die Reaktion gestartet. Das Endvolumen beträgt 100 µl.

- 5 Testsubstanzen werden als Stammlösungen in DMSO angesetzt. Die DMSO-Konzentration im Reaktionsgemisch beträgt 1 % v/v. Bei dieser DMSO-Konzentration wird die PDE-Aktivität nicht beeinflusst. Nach dem Start der Reaktion mittels Substratzugabe werden die Proben 30 Minuten bei 37 °C inkubiert. Durch die Zugabe einer definierten Menge SPA-Beads
- 10 wird die Reaktion gestoppt und die Proben nach einer Stunde im Betacounter gemessen. Die unspezifische Enzymaktivität (der Blank) wird in Gegenwart von 100 µM Rolipram ermittelt und von den Testwerten subtrahiert. Die Inkubationsansätze des PDE4-Assays enthalten 100 µM cGMP, um eventuelle Verunreinigungen durch die PDE 3 zu hemmen.

15

Für die erfindungsgemäßen Verbindungen wurden bezüglich der Inhibition der Phosphodiesterase 4 IC₅₀-Werte im Bereich von 10⁻¹⁰ bis 10⁻⁵ M bestimmt. Die Selektivität gegenüber den PDE-Typen 3, 5 und 7 beträgt Faktor 100 bis 10.000.

20

Exemplarisch wurden für ausgewählte Anwendungsbeispiele die Ergebnisse zur Hemmung der PDE4 in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Verbindung	Hemmung der PDE 4
	IC ₅₀ [µmol/l]
1	0.052
2	0.048
3	0.008
4	0.751

Beispiel 6:**Hemmung der Spätphasen-Eosinophilie 48 h nach inhalativer Ovalbuminchallenge an aktiv sensibilisierten Brown Norway Ratten**

- 5 Die Hemmung der pulmonalen Eosinophilen-Infiltration durch die erfindungsgemäßen Substanzen wird an aktiv gegen Ovalbumin (OVA) sensibilisierten männlichen Brown Norway Ratten (200-250 g) geprüft. Die Sensibilisierung erfolgt durch subcutane Injektionen einer Suspension aus 10 µg OVA zusammen mit 20 mg Aluminiumhydroxid als Adjuvans in
10 0,5 ml physiologischer Kochsalzlösung pro Tier am Tag 1, 14 und 21. Zusätzlich dazu erhalten die Tiere zu den gleichen Zeitpunkten *Bordetella pertussis* vaccine Verdünnung pro Tier 0,25 ml i.p. gespritzt. Am 28. Versuchstag werden die Tiere einzeln in offene 1 l Plexiglasboxen gesetzt, die an ein Kopf-Nasen Expositionsgerät angeschlossen sind. Die
15 Tiere werden einem Aerosol aus 1,0 %iger Ovalbuminsuspension ausgesetzt (Allergen-Challenge). Das Ovalbumin-Aerosol wird durch einen mit Druckluft (0,2 MPa) betriebenen Vernebler (Bird micro nebulizer, Palm Springs CA, USA) erzeugt. Die Expositionszeit beträgt 1 Stunde, wobei Normalkontrollen mit einem Aerosol aus 0,9 %iger
20 Kochsalzlösung ebenfalls 1 Stunde lang vernebelt werden.

- 48 Stunden nach der Allergen-Challenge kommt es zu einer massiven Einwanderung von eosinophilen Granulozyten in die Lungen der Tiere. Zu diesem Zeitpunkt werden die Tiere mit einer Überdosis Ethylurethan (1,5
25 g/kg Körpergewicht i.p.) narkotisiert und eine bronchoalveoläre Lavage (BAL) mit 3 x 4 ml Hank's Balance-Lösung durchgeführt. Die Gesamtzellzahl und die Anzahl der eosinophilen Granulozyten der gepoolten BAL-Flüssigkeit werden anschließend mit einem automatischen Zelldifferenzierungsgerät (Bayer Diagnostics Technicon H1E) bestimmt.
30 Für jedes Tier werden die Eosinophilen (EOS) in der BAL in Mio/Tier berechnet: $\text{EOS}/\mu\text{l} \times \text{BAL-Recovery (ml)} = \text{EOS/Tier}$.

Bei jedem Test werden 2 Kontrollgruppen (Vernebelung mit

physiologischer Kochsalzlösung und Vernebelung mit OVA-Lösung) mitgeführt.

Die prozentuale Hemmung der Eosinophilie der mit Substanz
5 behandelten Versuchsgruppe wird nach folgender Formel berechnet:

$$\{((\text{OVAC} - \text{SC}) - (\text{OVAD} - \text{SC})) / (\text{OVAC} - \text{SC})\} \times 100 \% =$$

% Hemmung

10 (SC = Vehicel behandelte und mit 0,9 %iger Kochsalzlösung gechallenge
Kontrollgruppe; OVAC = Vehicel behandelte und mit 1 %iger
Ovalbuminsuspension gechallenge Kontrollgruppe; OVAD = Substanz
behandelte und mit 1 %iger Ovalbuminsuspension gechallenge
Versuchsgruppe)

15

Die Testsubstanzen werden intraperitoneal oder oral als Suspension in
10 % Polyethylenglycol 300 und 0,5 %iger 5-Hydroxyethylcellulose 2
Stunden vor der Allergen-Challenge appliziert. Die Kontrollgruppen
werden entsprechend der Applikationsform der Testsubstanz mit dem

20

Vehicel behandelt.

Die erfindungsgemäßen Verbindungen hemmen die Spätphasen-
Eosinophilie nach intraperitonealer Applikation von 10 mg/kg um 30 % bis
100 % und nach oraler Applikation von 30 mg/kg um 30 % bis 80 %.

25

Die erfindungsgemäßen Verbindungen sind somit besonders geeignet für
die Herstellung von Arzneimitteln zur Behandlung von Erkrankungen, die
mit dem Wirken von Eosinophilen verbunden sind.

30

Beispiel 7:**Hemmung der Lipopolysaccharid (LPS)-induzierten Lungen-Neutrophilie in Lewis Ratten**

- 5 Die Hemmung der pulmonalen Neutrophilen-Infiltration durch die erfindungsgemäßen Substanzen wird an männlichen Lewis Ratten (250-350 g) geprüft. Am Versuchstag werden die Tiere einzeln in offene 1 l Plexiglasboxen gesetzt, die an ein Kopf-Nasen Expositionsgerät angeschlossen sind. Die Tiere werden einem Aerosol aus einer
- 10 Lipopolysaccharidsuspension (100 µg LPS/ml 0,1 % Hydroxylamin-Lösung) in PBS ausgesetzt (LPS-Provokation). Das LPS/Hydroxylamin-Aerosol wird durch einen mit Druckluft (0,2 MPa) betriebenen Vernebler (Bird micro nebulizer, Palm Springs CA, USA) erzeugt. Die Expositionszeit beträgt 40 Minuten, wobei Normalkontrollen mit einem
- 15 Aerosol aus 0,1 %iger Hydroxylamin-Lösung in PBS ebenfalls 40 Minuten lang vernebelt werden.

- 6 Stunden nach der LPS-Provokation kommt es zu einer maximalen, massiven Einwanderung von neutrophilen Granulozyten in die Lungen der
- 20 Tiere. Zu diesem Zeitpunkt werden die Tiere mit einer Überdosis Ethylurethan (1,5 g/kg Körpergewicht i.p.) narkotisiert und eine bronchoalveoläre Lavage (BAL) mit 3 x 4 ml Hank's Balance-Lösung durchgeführt. Die Gesamtzellzahl und die Anzahl der neutrophilen Granulozyten der gepoolten BAL-Flüssigkeit werden anschließend mit
- 25 einem automatischen Zelldifferenzierungsgerät (Bayer Diagnostics Technicon H1E) bestimmt. Für jedes Tier werden die Neutrophilen (NEUTRO) in der BAL in Mio/Tier berechnet: $\text{NEUTRO}/\mu\text{l} \times \text{BAL-Recovery (ml)} = \text{NEUTRO/Tier}$.

- 30 Bei jedem Test werden 2 Kontrollgruppen (Vernebelung mit 0,1 %iger Hydroxylamin-Lösung in PBS und Vernebelung mit 100 µg LPS/ml 0,1 % Hydroxylamin-Lösung in PBS) mitgeführt.

Die prozentuale Hemmung der Neutrophilie der mit Substanz behandelten Versuchsgruppe wird nach folgender Formel berechnet:

$$\frac{(((\text{LPSC} - \text{SC}) - (\text{LPSCD} - \text{SC})) / (\text{LPSC} - \text{SC})) \times 100 \%}{\% \text{ Hemmung}}$$

SC = Vehicel behandelte und mit 0,1 %iger Hydroxylamin-Lösung
gechallengte Kontrollgruppe; LPSC = Vehicel behandelte und mit LPS
(100 µg/ml 0,1 %iger Hydroxylamin-Lösung) gechallengter
10 Kontrollgruppe; LPSCD = Substanz behandelte und mit LPS (100 µg/ml 0,1
%iger Hydroxylamin-Lösung) gechallengter Versuchsgruppe.

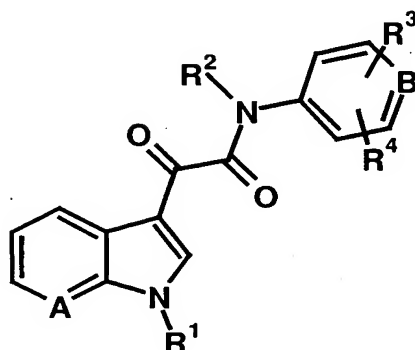
Die Testsubstanzen werden oral als Suspension in 10 %
Polyethylenglycol 300 und 0,5 %iger 5-Hydroxyethylcellulose 2 Stunden
15 vor der LPS-Provokation appliziert. Die Kontrollgruppen werden
entsprechend der Applikationsform der Testsubstanz mit dem Vehicel
behandelt.

Die erfindungsgemäßen Verbindungen hemmen die Neutrophilie nach
20 oraler Applikation von 1 mg/kg um 30 % bis 90 % und sind somit
besonders geeignet für die Herstellung von Arzneimitteln zur Behandlung
von Erkrankungen, die mit dem Wirken von Neutrophilen verbunden sind.

Ansprüche

1. Verbindungen der allgemeinen Formel 1,

5



(1)

worin

A für Stickstoff oder eine N-Oxid Gruppe stehen kann,

10

B Kohlenstoff, Stickstoff oder eine N-Oxid Gruppe sein kann,

R^1

- (i) für $-C_{1-10}$ -Alkyl, geradkettig oder verzweigt steht, gegebenenfalls ein- oder mehrfach substituiert mit $-OH$, $-SH$, $-NH_2$, $-NHC_{1-6}$ -Alkyl, $-N(C_{1-6}-Alkyl)_2$, $-NHC_{6-14}$ -Aryl, $-N(C_{6-14}-Aryl)_2$, $-N(C_{1-6}-Alkyl)(C_{6-14}-Aryl)$, $-NO_2$, $-CN$, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, $-O-C_{1-6}$ -Alkyl, $-O-C_{6-14}$ -Aryl, $-S-C_{1-6}$ -Alkyl, $-S-C_{6-14}$ -Aryl, $-SO_3H$, $-SO_2C_{1-6}$ -Alkyl, SO_2C_{6-14} -Aryl, $-OSO_2C_{1-6}$ -Alkyl, $-OSO_2C_{6-14}$ -Aryl, $-COOH$, $-(CO)C_{1-5}$ -Alkyl, $-COO-C_{1-5}$ -Alkyl, $-O(CO)C_{1-5}$ -Alkyl, mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Carbocyclen mit 3-14 Ringgliedern oder/und mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Heterocyclen mit 5-15 Ringgliedern und 1-6 Heteroatomen, die vorzugsweise N, O und S, sind,

25

wobei die C_{6-14} -Aryl-Gruppen und die carbocyclischen und heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit $-C_{1-6}$ -Alkyl, $-OH$, $-NH_2$, $-NHC_{1-6}$ -Alkyl, $-N(C_{1-6}-Alkyl)_2$,

-NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -SO₃H, -SO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -COOH, -(CO)C₁₋₅-Alkyl, -COO-C₁₋₅-Alkyl oder/und -O(CO)C₁₋₅-Alkyl substituiert sein können, und wobei die Alkylgruppen an den carbocyclischen und heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H oder/und -COOH substituiert sein können, oder

- (ii) für -C₂₋₁₀-Alkenyl, ein oder mehrfach ungesättigt, geradkettig oder verzweigt steht, gegebenenfalls ein- oder mehrfach substituiert mit -OH, -SH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂, -NHC₆₋₁₄-Aryl, -N(C₆₋₁₄-Aryl)₂, -N(C₁₋₆-Alkyl)(C₆₋₁₄-Aryl), -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -O-C₆₋₁₄-Aryl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₆₋₁₄-Aryl, -SO₃H, -SO₂C₁₋₆-Alkyl, -SO₂C₆₋₁₄-Aryl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₆₋₁₄-Aryl, -COOH, -(CO)C₁₋₅-Alkyl, -COO-C₁₋₅-Alkyl, -O(CO)C₁₋₅-Alkyl, mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Carbocyclen mit 3-14 Ringgliedern oder/und mit mono-, bi- oder tricyclischen gesättigten oder ein- oder mehrfach ungesättigten Heterocyclen mit 5-15 Ringgliedern und 1-6 Heteroatomen, die vorzugsweise N, O und S sind, wobei die C₆₋₁₄-Aryl-Gruppen und die carbocyclischen und heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -C₁₋₆-Alkyl, -OH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂, -NO₂, -CN, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -SO₃H, -SO₂C₁₋₆-Alkyl, -OSO₂C₁₋₆-Alkyl, -COOH, -(CO)C₁₋₅-Alkyl, -COO-C₁₋₅-Alkyl oder/und -O(CO)C₁₋₅-Alkyl substituiert sein können, und wobei die Alkylgruppen an den carbocyclischen und heterocyclischen Substituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H oder/und -COOH substituiert sein können,

R² für Wasserstoff oder -C₁₋₃-Alkyl steht,

R³ und R⁴ gleich oder verschieden sein können und für
Wasserstoff, -C₁₋₆-Alkyl, -OH, -SH, -NH₂, -NHC₁₋₆-Alkyl, -N(C₁₋₆-Alkyl)₂,
5 -NO₂, -CN, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₆-Alkyl, COOH, -COO-C₁₋₆-Alkyl, -O(CO)-
C₁₋₅-Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₆-Alkyl, -S-C₁₋₆-Alkyl, -Phenyl oder
-Pyridyl stehen, wobei die Phenyl- oder Pyridylsubstituenten ihrerseits
gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit -C₁₋₃-Alkyl, -OH, -SH, -NH₂,
-NHC₁₋₃-Alkyl, -N(C₁₋₃-Alkyl)₂, -NO₂, -CN, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₃-Alkyl, -COOH,
10 -COOC₁₋₃-Alkyl, -F, -Cl, -Br, -I, -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und
-O(CO)-C₁₋₃-Alkyl substituiert sein können und wobei die
Alkylsubstituenten ihrerseits gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit
-OH, -SH, -NH₂, -F, -Cl, -Br, -I, -SO₃H, -SO₃-C₁₋₃-Alkyl, -COOH,
-COOC₁₋₃-Alkyl, -O-C₁₋₃-Alkyl, -S-C₁₋₃-Alkyl oder/und -O(CO)-C₁₋₃-Alkyl
15 substituiert sein können,

oder Salze der Verbindungen nach Formel 1.

2. Verbindungen gemäß Anspruch 1 mit einem
20 asymmetrischenlenstoffatom in der D-Form, der L-Form und D,L-
Mischungen sowie im Falle mehrerer asymmetrischer
Kohlenstoffatome die diastereomeren Formen.

3. Verbindungen gemäß Anspruch 1 oder 2,
25 **dadurch gekennzeichnet,**
dass A für N und B für N-O steht.

4. Verbindungen gemäß Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass R² für -H oder -CH₃ steht.

5. Verbindungen gemäß Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens einer von R^3 und R^4 jeweils für ein Halogenatom steht.

5

6. Verbindungen gemäß Anspruch 1 oder 2
dadurch gekennzeichnet,
dass A für N-O und B für CH, CR^3 oder N steht.

- 10 7. Verbindungen gemäß Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass R^2 für -H oder $-CH_3$ steht.

8. Verbindungen gemäß Anspruch 7,
15 **dadurch gekennzeichnet,**
dass mindestens einer von R^3 und R^4 jeweils für ein Halogenatom steht.

9. Verbindungen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgewählt aus:

20

N-(3,5-Dichlorpyridin-4-yl)-[1-(4-fluorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-
glyoxylsäureamid

25

N-(2,6-Dichlorphenyl)-[1-(2-chlorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-
säureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(4-fluorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-
glyoxylsäureamid

30

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(4-fluorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-
yl]-glyoxyl-säureamid

N-Phenyl-[1-(4-fluorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2-fluorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-
glyoxylsäureamid

5

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(3-nitrobenzyl)-7-azaindol-3-yl]-
glyoxylsäureamid

10

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2,6-difluorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-
glyoxyl-säureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2,4-dichlorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-
glyoxyl-säureamid

15

N-(3,5-Dichlorpyridin-4-yl)-[1-(2,4-dichlorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-
glyoxyl-säureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2-chlorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-
glyoxylsäureamid

20

N-(3,5-Dichlorpyridin-4-yl)-[1-(2-chlorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-
glyoxylsäureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2-chlorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-
yl]-glyoxylsäureamid

25

N-(3,5-Dichlorpyridin-4-yl)-N-methyl-[1-(2-chlorbenzyl)-7-oxo-7-
azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid

30

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-N-methyl-[1-(2-chlorbenzyl)-7-
azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid

N-Methyl-N-(1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2-chlorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid

5 N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2,6-dichlorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-säureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2-methylbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-säureamid

10 N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2,6-dimethylbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-säureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-(1-hexyl-7-azaindol-3-yl)-glyoxyl-säureamid

15 N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-(1-isobutyl-7-azaindol-3-yl)-glyoxyl-säureamid

20 N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-(1-cyclopropylmethyl-7-azaindol-3-yl)-glyoxyl-säureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(naphth-1-yl-methyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid

25 N-(3,5-Dichlorpyridin-4-yl)-[1-(2-chlor-6-fluorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-säureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2-chlor-6-fluorbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-säureamid

30 N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2-chlor-6-fluorbenzyl)-7-oxo-7-azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid

N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2-difluormethylbenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxyl-säureamid

5 N-(3,5-Dichlor-1-oxopyridin-4-yl)-[1-(2-cyanobenzyl)-7-azaindol-3-yl]-glyoxylsäureamid

und physiologisch verträglichen Salzen davon.

10. Verfahren zur Herstellung von Verbindungen nach Formel 1,

10 **dadurch gekennzeichnet,**

dass man Verbindungen, bei denen A für Stickstoff steht und B Stickstoff oder Kohlenstoff sein kann, durch Behandlung mit einem Oxidationsmittel zu den erfindungsgemäßen Verbindungen der Formel 1a, 1b oder 1c oxidiert.

15

11. Verfahren gemäß Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass man als Oxidationsmittel eine Persäure, insbesondere m-Chlorperbenzoesäure oder/und Peressigsäure, verwendet.

20

12. Verfahren gemäß Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass man entstehende Gemische von N-Oxiden durch Kristallisation oder/und chromatographische Methoden in die reinen Verbindungen der Formel 1a, 1b oder 1c auftrennt.

25

13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

30 dass man für die Trennung von Gemischen von N-Oxiden durch chromatographische Methoden Gemische der Lösungsmittel Ethylacetat und Methanol bevorzugt in Mischungsverhältnissen zwischen 50:50 und 99:1 verwendet.

14. Verwendung der Verbindungen nach Formel 1 gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 als therapeutische Wirkstoffe zur Herstellung von Arzneimitteln zur Behandlung von Erkrankungen, bei denen die Hemmung der Phosphodiesterase 4 therapeutisch nützlich ist.
- 5
15. Verwendung der Verbindungen nach Formel 1 gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 als therapeutische Wirkstoffe zur Herstellung von Arzneimitteln zur Behandlung von Erkrankungen, die mit dem Wirken von Eosinophilen verbunden sind.
- 10
16. Verwendung der Verbindungen nach Formel 1 gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 als therapeutische Wirkstoffe zur Herstellung von Arzneimitteln zur Behandlung von Erkrankungen, die mit dem Wirken von Neutrophilen verbunden sind.
- 15
17. Verwendung der Verbindungen nach Formel 1 gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 als therapeutische Wirkstoffe zur Herstellung von Arzneimitteln zur Behandlung von hyperproliferativen Erkrankungen.
- 20
18. Arzneimittel, enthaltend eine oder mehrere Verbindungen gemäß den Ansprüchen 1 bis 9 neben üblichen physiologisch verträglichen Trägern und/oder Verdünnungsmitteln beziehungsweise Hilfsstoffen.
- 25
19. Verfahren zur Herstellung eines Arzneimittels nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet,**
- 30
- dass eine oder mehrere Verbindungen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 mit gebräuchlichen pharmazeutischen Trägerstoffen und/oder Verdünnungsmitteln beziehungsweise sonstigen Hilfsstoffen zu pharmazeutischen Zubereitungen verarbeitet beziehungsweise in eine therapeutisch anwendbare Form gebracht werden.

20. Verwendung von Verbindungen der allgemeinen Formel 1 gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder von Arzneimitteln nach Anspruch 18 allein oder in Kombination untereinander oder in Kombination mit anderen pharmazeutischen Wirkstoffen.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft substituierte 7-Azaindole, Verfahren zu deren
5 Herstellung, pharmazeutische Zubereitungen, die diese Verbindungen
enthalten sowie die pharmazeutische Verwendung dieser Verbindungen,
die Inhibitoren der Phosphodiesterase 4 sind, als Wirkstoffe zur
Behandlung von Erkrankungen, die mit einer Hemmung der
Phosphodiesterase 4-Aktivität insbesondere in immunkompetenten Zellen
10 (z.B. Makrophagen und Lymphozyten) durch die erfindungsgemäßen
Verbindungen zu beeinflussen sind.